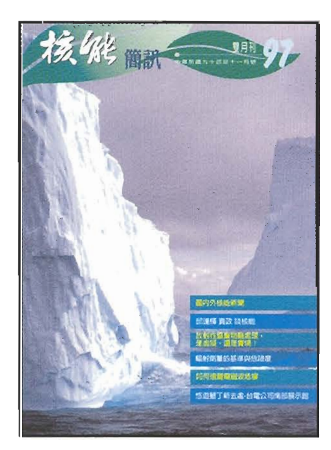


核能 簡訊
雙月刊 97
中華民國九十四年十一月號
國內外核能新聞
邱連輝 資政 談核能
南韓選出
最終處置場址用地
放射性廢棄物難處理，
是虛擬，還是實境？
輻射劑量的基準與危險度
如何遠離電磁波危害
悠遊墾丁新去處-台電公司南部展示館

97 核能簡訊
民國九十四年十一月二十日出刊
核能簡訊雙月刊 CONTENTS Nov



出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　　址／新竹市光復路二段一○一號
研發大樓208室
電　　話／(03) 5711808
傳　　真／(03) 5725461
網　　址／http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter
E-mail／nic@nicenter.twmail.net
發 行 人／朱鐵吉
編輯委員／鄭安弘、蔡明隆、林明雄、蕭金益
翁寶山、潘　欽、洪益夫、開執中
鍾　堅、顏上惠、萬永亮、劉仁賢
黃文盛
主　　編／朱鐵吉
顧　　問／喻冀平
文　　編／鍾玉娟、翁明琪
美　　編／孫秀琴
編 印 者／信誠廣告事業有限公司
地　　址／台北市興安街100號3樓之5

編者的話

現任總統府資政的邱連輝先生，早年是民進黨內的反核大將，為了尋求強而有力的反核基礎，他以優異的語言能力，廣泛接觸英文、日文、俄文的核能資訊後，才發現原有的反核理論並不正確。因此他認為非核家園雖然可以講得頭頭是道，實際上是行不通的，建議民進黨應該取消非核黨綱。同時，邱資政也認為核能電廠的工作人員敬業精神很了不起，但是卻被反核人士扭曲，非常替他們抱不平。

近來許多國際間環保團體的重量級人士，紛紛由反核轉為擁核，完全是基於對地球環境的關懷，對未來能源的匱乏感到憂心。即使必須顛覆自己原有的立場，仍然義無反顧，他們的道德勇氣與無私的大愛實在令人感佩！

同樣的，經過媒體誤導與反核人士的污名化，放射性廢棄物成為一般民眾的恐懼來源。如果從3000多年前的馬王堆出土文物中，許多有機類物質沒有任何腐壞，由此可見黏土層的防水特性。非洲的加彭共和國有一處露天的天然反應器遺址，經過18億年，其中的放射性核種只移動了10公尺，這些都有歷史可以「掛保證」。現代科技更為精進，將這些經過歷史驗證的原理，運用於放射性廢棄物的保存與處置，我們怎會輸給幾千年前的老祖宗呢？希望本期的內容可以消彌讀者對放射性廢棄物的誤解。

行政院新聞局出版事業登記證 局版臺誌字第8511號　中華郵政中臺字第0797號執照登記為雜誌交寄



國內新聞 News

清華大學原子科學技術發展中心接受衛生署委託，6年來研究中藥的輻射滅菌，實驗過程中發現，市售中藥材成分被含菌大量耗損，國內亟需建立中藥檢測和管制的規範。

這項研究證實輻射可有效滅菌，且不會殘留輻射、改變藥品成分，已向衛生署中醫藥委員會提出具體結論，供作訂定法規的基礎。

（2005.09.13.**聯合報**）

正子掃描（PET Scan）在國內核醫檢查日益普遍，但其所使用的放射藥劑，多需由院外供應，台大醫院引進能生產放射藥劑的迴旋加速器，可望節省檢驗時間、擴增檢驗項目。

造價2億元的迴旋加速器，就是正子掃描在檢查時病患所需放射藥劑的生產儀器，而台大在引進此儀器之後，不僅能夠自給自足FDG藥劑，此外還可生產半衰期更短的C-11、N-13、O-15等放射藥劑。

顏若芳說，不同的放射藥劑有其不一適應症，依其代謝時間不同，醫師可評估癲癇病人腦部變化、心臟病患者心肌細胞存活多寡與癌症病人腫瘤病兆等。

顏若芳說，台大正子掃描儀已引進10年，日後不但可自製放射藥劑，還可提供他院使用，最受惠的應該是患者，患者可望因放射藥劑多樣化，節省檢驗時間，並擴增檢驗項目。

（2005.10.03.**中時晚報**）

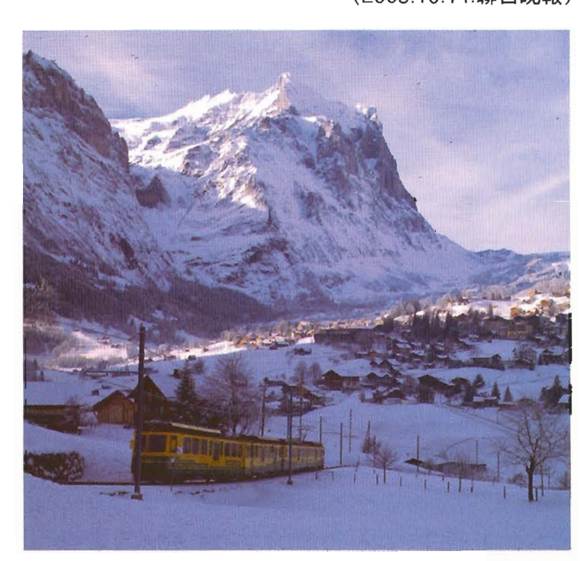
2005年諾貝爾和平獎今天揭曉，由聯合國「國際原子能總署」（IAEA）及署長艾巴拉迪（Mohamed El Baradei）共同獲獎。這一結果凸顯了現今防止核武擴散問題的重要性，但爭議亦多。而今年適逢日本廣島和長崎原爆60周年，日本原爆受害者團體對於自己未能得獎也大表失望。

挪威「諾貝爾委員會」主席莫約斯說，國際原子能總署在艾巴拉迪領導下，一直致力於防止核能被用於軍事目的，以及確保核能以盡可能安全的方式被用於和平目的。他稱讚艾巴拉迪堅持強化禁止核武擴散措施而無所畏懼。

（2005.10.08.**中國時報**）

核四廠進度落後，預計又要再延後3年才能商轉發電，但是即使少了核四加入，這幾年用電依然不缺，主要原因是國內用電成長減緩，尤其是民間用電去年成長僅1%，用電需求減緩凸顯民生消費實力衰退。

（2005.10.14.**聯合晚報**）



INFORMATION



國外新聞 News

◎ 美國核能設施表示對新核能電廠的興趣

有多家美國的核能設施業者，通知核能管制委員會，其對新反應器早期廠址許可(ESPs)及核能電廠建造與運轉聯合執照(COLs)的申請有興趣。3家業者考慮申請ESPs，另外至少有4家業者尚待決定，同樣的情形也發生在個別設施業者與聯合企業對COLs的申請。後者將涉及提出一個廠址和一種已經核准的反應器型式。目前NuStart聯合企業將在2007年為Entergy公司大海灣(Grand Gulf)廠址及GE公司開發的精簡型沸水式反應器(ESBWR)提出COL申請，在2008年為田納西流域管理局(TVA)Bellefonte廠址及西屋公司的AP1000型反應器申請COL。此外Entergy公司也計畫由其本身對位於River Bend的一部ESBWR申請COL，而TVA已經在美國能源部的部分贊助下，完成其在Bellefonte的兩部進步型沸水式反應器(ABWR)機組的可行性研究。

◎ 法國電力全面核能電廠更換計畫

法國電力公司(EdF)宣稱，計畫將自2020年起，以每年取代一部約1600百萬瓦電機組的速率，全面以歐洲壓水式反應器(EPR)取代其58部反應器機組，將需要有40部的EPR以達到目前的發電容量。基於核能在經濟上的表現成效，「核能成本的穩定與對環境限制條件的尊重」，EdF的發展策略做了此項選擇。EPR的展示將於2007年在Flamanville開始建造。

◎ 斯洛伐克核反應器前景

義大利電力公司(ENEL)計畫在斯洛伐克投資15.5億歐元興建Mochovce的第3部與第4部核反應器機組，預計明年開始動工，約在2010年完成。ENEL目前正向擁有Bohunic與Mochovce共6部核反應器主要股權的斯洛伐克電力(SE)設施業者採購，並同意一項對SE的策略性投資計畫。這兩部反應器機組與捷克Skoda公司在1985年開始的1號機與2號機相似，均為俄國VVER-440型。

◎ 荷蘭反應器延役

由於政策的變化，荷蘭首相提議放棄政府原來預計在2013年關閉481百萬瓦電Borssele核能電廠的計畫，允許其運轉至2033年，亦即使其運轉壽命達60年。環境部長已經向國會證實，他正與電廠經營者商談相關協議。一份未經證實的報告說，政府與Borssele核能電廠經營者同意從增加的額外收入與免除因電廠過早關閉而需要支付的補償中，各對「可持續能源」投資5億歐元，政府亦考慮設立一新的核能法，特別指明對新核能電廠授予為期40年的運轉許可證。

◎ 英國反應器延壽

英國能源公司的首部進步型氣冷式反應

器－位於英格蘭肯特郡丹吉內斯(Dungeness)的兩部容量為571百萬瓦電的機組－已被核准延壽10年，可運轉至2018年。這座電廠自1983年開始運轉。英國能源公司目前正投資其進步型氣冷式反應器其他延壽的可能性。

◎ 英國發表核能清潔計畫

英國新核能除役當局發表對其所管轄的國內20座核能廠址清潔計畫草案。公眾討論的時間為3個月。此策略的重點是針對Sellafield 和Dounreay的高危險設施，以及加速目前世界上唯一仍在運轉的第一代核能電廠Magnox反應器的除役計畫。草案中也探討低放射性廢棄物處置的新解決方案以及評估處置中放射性廢棄物的可選擇方案。

◎ 法英合作拆除石墨反應器

英國核能集團公司取得了與法國電力公司(EdF)在Bugey合作拆除石墨緩速氣冷式核反應器的工程研究合約，合約總金額為200萬英磅(360萬美元)。此為期2年半的計畫將發展工程設計與採購規格，可使EdF發包實際工作，最後在2022年使該廠址恢復到廢棄的狀態。

◎ 中國大陸將建造最大核能電廠

中國大陸廣東省陽江核能電廠預計在2006年初開始興建。該電廠－6部機組總發電容量為6000百萬瓦電－建造費用約99億美元，將成為中國最大的核能電廠。電廠設備的國際競標於2004年9月公布，目前仍開放中。2005年底前將選擇得標者並公布。

◎ 日本重申核能政策

日本原子力局重申該國核能電廠的政策方向。其主要內容是在2030年以後，包括以進步型輕水式反應器取代目前的電廠，核能發電的目標是占總發電量的「30-40%或者更多」。大約到2050年才會商業引進快滋生反應器。用過的燃料將在國內再處理，成為可分裂物質供混合氧化物燃料(MOX)使用。2010年以後進行高放射性廢棄物的處置。

◎ 日本停止調查上關電廠

日本中國電力公司設立一任務總部以處理該公司計畫的上關核能電廠1號機與2號機反應器機組相關細節問題。這兩部機組均為1373百萬瓦電的進步型沸水式反應器(ABWR)，分別將於2009年及2012年開始興建，2014年及2017年運轉。這個總部是因發現其實施的一份細部調查有部分與1月時提交給山口縣的環境保護計畫不同而設立。此公司在4月13日開始一詳細的調查，但在此發現之後，因縣政府的命令，於9月16日終止全部的調查。

◎ 韓國的第20座反應器完全運轉

韓國最新的核反應器－蔚珍（Ulchin）6號機組目前已開始商轉。這是結合許多美國進步型反應器特徵的6座韓國標準核能發電廠(KSNP)中最新的一部。另有4部機組預定開始建造－新古里(Shin Kori)核能電廠的1號機與2號機，以及新月城(Shin Wolsong)核能電廠的1號機與2號機－均為950百萬瓦電的KSNP改良型。

◎ 印度通過興建8座新反應器

印度內閣通過在4座核能電廠興建8部反應器：古加拉特（Gujarat）省的卡喀拉帕爾（Kakrapar）核能電廠興建2部600百萬瓦電的重水式反應器、拉加斯坦（Rajasthan）省的拉瓦哈他（Rawatbhata）核能電廠興建2部



700百萬瓦電的重水式反應器、塔米納度（Tami Nadu）省的庫坦庫拉姆（Kudankulam）核能電廠興建2部1000百萬瓦電的輕水式反應器、另2部輕水式反應器則於馬哈拉什特拉（Maharashtra）省的賈伊他普爾（Jaitapur）核能電廠興建。政府希望能得到美國和其他國家在核子燃料上的核准與技術上的幫助，以達到其擴大核能的目標。同時，印度最大的電力設施－國有的國家熱能公司－表示想進入核能發電工業，如果獲得同意，且經濟狀況良好，同時也可獲得燃料與需要的材料，則到2012年，該公司便能利用核能產生2000百萬瓦的電力。印度政府也有可能允許民營企業投資其核能電廠。

◎ 澳洲工業主體要求將核能納入考量

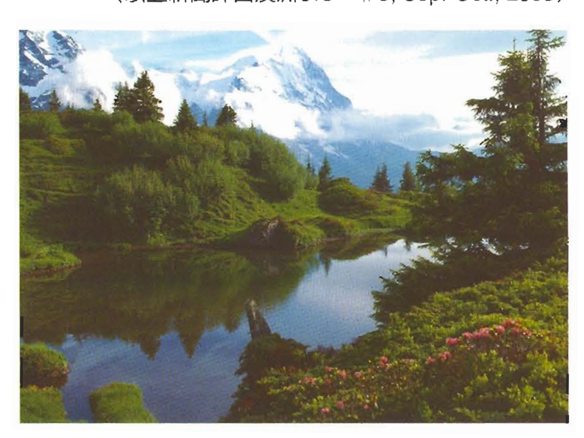
澳洲商協會要求政府進行在澳洲設立核能設施可行性的研究，並且將核能發電納入其能源政策。如同2004年能源白皮書內所述「目前依賴如太陽能及風力的再生能源發電，對基載電量的要求並不是可行的解決辦法，此外，在尚未成熟便強行引入，將對經濟的繁榮有負面影響。任何不會對經濟成長形成威脅，也不會造成溫室效應氣體釋出，而能提供基載電量的發電方式，都不該被任意的排除。」

◎ 車諾比爾報告確認災難的程度

在聯合國的贊助下，一份多國的研究報告將1986車諾比爾災難的健康效應量化。包括原本可以避免的9名孩童死於甲狀腺癌案例，至目前為止大約有56人死於此事故。在事故發生的第一年內，20萬名受到輻射曝露的工作人員中，預期將有2,200人會因輻射而死亡。在附近居民中，除了4,000個甲狀腺癌案例外，並未發現白血病或其他癌症有增加的證據。儘管參與研究的多數科學家並不贊成發表精確的估計值，然而根據統計劑量－效應模式，因為此意外事故可能造成的最終死亡人數，總計為4,000人。

一名聯合國開發計畫署的主管說「實際的衝擊比原先大家預期的小得多」，且目前「輻射的危險性大致已經過去了」。這份600頁的報告敘述由於對輻射的誤解與迷思，使得居住於受輻射污染地區的人們，普遍存在一份受到輻射威脅的宿命論。心理上的健康狀況以及吸菸和酗酒所造成的問題比輻射大得多，但其中最嚴重的問題在於當時的健康與營養水準。並無證據顯示可歸因於輻射的遺傳性問題。除了最初的11萬6千人外，遷出當地的居民，雖然接受的輻射量實際上相當低，但精神上仍受到很大的創傷，並且對其到的輻射量的降低所做的努力很少。目前約有700萬人可接受或合格地可作為「車諾比爾受害者」的受益者，其代表的意義是資源的分配並未針對其中少數極需幫助者。然而，要修正這項缺失成為了政治問題。這份車諾比爾論壇的研究有來自聯合國8個聯合國機構超過100位的科學家與烏克蘭、白俄羅斯和俄羅斯的政府共同參與。其結論與稍早的專家研究相符合。

（以上新聞譯自澳洲UIC，＃5, Sep.-Oct., 2005）





邱連輝 資政談核能

■ 邱連輝

我過去也是反核的。在美麗島事件的當天晚上，我在高雄大港埔演講，就是談核能發電的問題，演講完畢後，有一位世界人權協會的人士走過來告訴我，在台灣，講核能發電的問題，能講得這麼完整和深入的人，我是第一個人。所以，在民進黨還沒有成立前，我就是黨外的反核健將，也是非核家園理念的先行者。後來我問我自己，是依據什麼理論反對核能發電？於是，我就去尋找相關資料來研究。我發現反核者的理論並不正確，也發現美國過去有些有名的反核教授，也逐漸改變了對核能的看法。

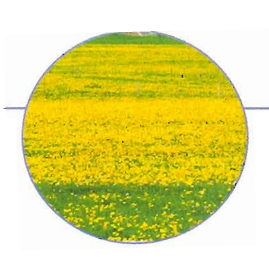
台灣是個能源短缺的國家，擺在眼前的現實問題是經濟發展和生活水準的提升。如果因為廢棄核能電廠，而找不到更好的替代能源來穩定地供應社會需求，從而導致經濟發展停滯和生活水準降低的話，必定引發社會的動盪不安，這是任何執政者都應該三思的問題。林義雄先生主張的非核家園，其實不單是對核能加以限制，同時，也要台灣忍受生活水準無法迅速提升。但是，我們要深入思考，台灣的社會能夠忍耐這種日子嗎？台灣社會講求的是經濟持續發展、生活水準不斷提升。所以非核家園理念，理論上在台灣社會可以講得頭頭是道，但是，實際上是行不通、辦不到的。生活水準如果一出問題，社會立刻就會出問題。

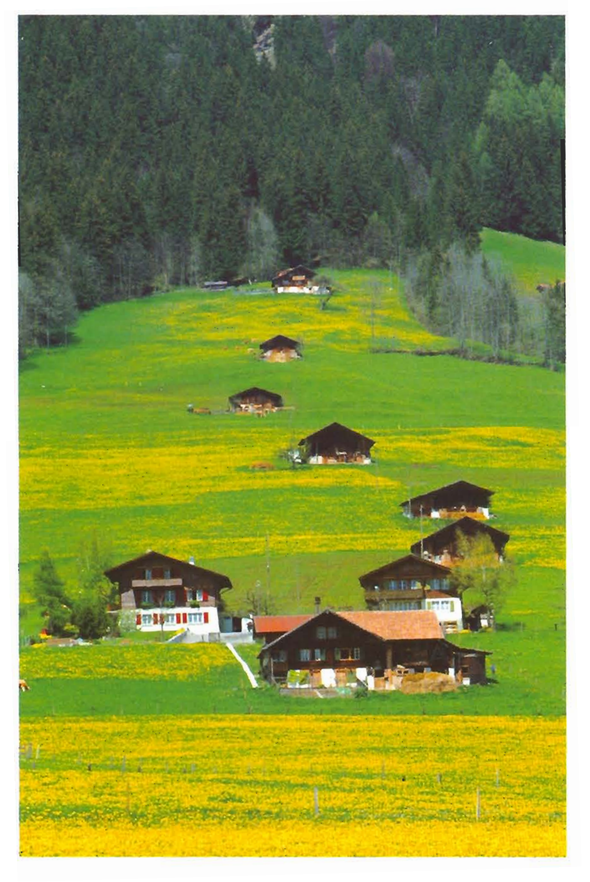
林義雄先生曾經打電話給我，要我支持他，但是，我在電話中告訴他：「核能發電並非一無是處，台灣四周都是海洋，缺乏能源，要用什麼來提高生活水準？台灣是個能源貧乏的國家，要提高生活品質必然需要充沛的能源，目前，除了核能之外，究竟有何方案，足以替代現在使用中的三座核電廠？」



我堅定地認為，將來台灣最穩定的能源供應，還是核能發電。最近很多環保大師紛紛主張使用核能，來對抗不斷增加的二氧化碳，京都議定書生效以後，這種趨勢更加明顯。其中最得我心的，是倡導蓋亞理論（Gaia Theory）的詹姆士・拉夫拉克（James Lovelock）教授，2004年5月24日，在獨立報所呼籲的「核能是唯一的綠色解決方案」（Nuclear power is the only green solution）。

拉夫拉克是知名的環保科學家，我就在此引用他的話。他說：「全球暖化的情形比原來想像的嚴重，我們不能再從化石燃料取得能源。但偏偏再生能源，如風力、潮汐與水力，根本沒有機會及時提供充足能源。再生能源不足以挑起大樑，就只有核能可以立刻提供能源而不會造成全球暖化的後果。天然氣所排放的二氧化碳的確只有燃煤或燃油的一半，但是沒有燃盡的天然氣，溫室潛能是二氧化碳的25倍，只要稍有洩漏，所有的優點就完全被抵銷





掉了。」

他又說：「反核其實是來自好萊塢式的虛構杜撰、綠色遊說團體與媒體推波助瀾下的非理性恐懼。這些恐懼並不合理，因為核能從1952年肇始以來，早已證明它是最安全的能源。我們應該停止過度焦慮，仔細比較化學物質與輻射的致癌風險：有1/3的人死於癌症，主要因為我們吸入各式各樣的致癌物質。如果我們不能集中心力面對真正危機--全球暖化，我們可能死得更快、更多，就像去年夏季（2003年）歐洲那20,000名不幸罹難者一樣。」

最後他呼籲：「在英國，非常諷刺的，我們有世界一流的地球科學與氣候學者，但一般民眾寧可聽信綠色人士的危言聳聽、卻不相信專家忠告。我也是一位綠色人士，但我懇求朋友們拋棄頑固反核的立場。」

我不是學理工的，但是仗著可以閱讀英、日、俄文的優勢，我持續蒐集瞭解能源情勢的發展。我在2001年，就寫了一篇《台灣能源的危機》書面報告，送陳總統參考。我在報告中指出，中共會在2005年開始，在太平洋、印度洋和美國爭奪能源。現在看來，真是不幸言中。中共缺乏能源，若要持續發展工業，勢必持續增加能源的消耗，也勢必嚴重缺電。利用化石燃料，有價格持續上漲、運輸貯存又不便、空氣污染等等考慮，其實核能也是中共的解決方案。現在中共計畫在2020年以前，大量增建核能電廠達40部機，原因即在此。

依照現在的情勢，我建議民進黨修改非核家園這條黨綱，尋求解套。黨綱並不是不能修改的，我曾經和葉菊蘭討論過，民進黨應該在適當的時間修改黨綱，例如，3年或5年檢討一次，不檢討的話，整個黨就不會有新的生命力和活力，就無法迎接新的挑戰，也無法開創新的格局。

有關核能方面的問題，很多人不懂又要裝懂，人云亦云，最要不得。那些腳踏實地，為核能電廠做事的台灣子弟，敬業精神很了不起，他們遭人誤解，我非常替他們叫屈不平。在此，我要清楚地強調的是，為30年後整個台灣的發展，我們不只是要儘速興建完成核四廠，也要規劃核能科技的引進和人力補充，持續發展核能，奠定台灣經濟發展基礎，確保國家能源供應安全。

（本文作者為現任總統府資政）



南韓選出最終處置場址用地

■ 陳福龍

南韓商工能源部(MOCIE)部長於11月3日正式宣布：南韓政府將在2008年底前，於慶尚北省的慶州市(位於首爾東南方約370公里的古老城市)建造完成第一座中、低放射性廢棄物最終處置場，並宣布將盡可能簡化準備的程序，以確保在2008年底前能如期完工。

南韓政府將於2005年內將被選定為最終處置場用地的地區公開指定為電源開發事業預定區域，並從2006年起經過最終處置場建設營運許可申請和最終處置場實施計畫認可申請後，將於2007年下半年開始動工興建，並預定於2008年年底完工。

MOCIE部長另表示南韓政府在開始動工前將至少花1至2年才能完成準備工作，所以有可能延至2009年初才完工。

在開始動工前，MOCIE必須先和許多團體、組織溝通協調，例如慶尚北省的省政府、非官方機構的人民團體等。

為選定中、低放射性廢棄物最終處置場場址用地而舉行的公民投票，南韓於2005年11月2日在全國4個申辦地區同時展開，慶州市因居民投票贊成率最高而獲選在該地興建最終處置場。至此，南韓拖延19年之久的最終處置場選址問題終於得以解決。

最終處置場用地的選定標準是：超過1/3當地成年人口的投票者投票後，得到過半贊成票的地區中，贊成率最高的地區將獲選在該地興建最終處置場。

依據統計結果，各地區居民的投票贊成率分別為：

(1) 慶州市有89.5%的贊成率（投票率為61.34%）；
(2) 群山市有84.4%的贊成率（投票率為60.41%）；
(3) 盈德郡有79.3%的贊成率（投票率為64.35%）；
(4) 浦項市有67.5%的贊成率（投票率為39.11%）。

被選定為最終處置場用地的慶州市，除了可得到3000億韓元的地區發展特別支援外，並可獲得每年平均85億韓元的廢棄物運入回饋金，同時還將因韓國水力與原子能總部遷入及引進質子加速器事業等受到優惠待遇，帶動地區發展至鉅(註：1韓元約等於新台幣0.032元)。

南韓政府於11月3日上午由國務總理李海瓚召集主持相關部會長官會議，研擬對於在公民投票中3個遭淘汰地區的民心撫慰方案。

南韓核能電廠的發電量約占其總發電量的40%，而且南韓目前低放射性廢棄物的貯存容量將在2008年用完，所以南韓政府自1986年即展開放射性廢棄物最終處置場的選址工作。儘管一再強調最終處置場的安全無虞，但過去仍因遭到以當地居民及環保人士為主的反對力量而失敗。

南韓目前共有20部運轉中的核能機組（裝置容量為17,974百萬瓦電）；我國運轉中的核一、二、三廠共有6部核能機組（裝置容量為5,144百萬瓦電)，另正在興建的核四廠有2部核能機組（裝置容量為2,700百萬瓦電)。

南韓計畫的低放射廢棄物最終處置設施為岩穴式，第一階段的處置容量為2萬立方公尺(10萬桶)。處置場採天然及工程障壁的設計概念，處置設施的設計可讓放射性廢棄物的輻射強度衰減至無害的程度。

（本文作者為台電公司後端處股長）



放射性廢棄物難處理，是虛擬，還是實境？

■ 李敏、梁天瑞

◎ 高放射性廢棄物體積很少

高放射性廢棄物是指核能發電後產生的用過核子燃料經再處理程序，萃取其中鈽、鈾等元素回收利用，將殘餘物燒製成的玻璃或陶瓷固化體。由於目前燃料再處理程序不具經濟競爭力，故用過核子燃料成為需要處理的物件。用過核子燃料的放射性強度的確很高，但絕大部分屬於非常短命的分裂產物，輻射會快速的降低。如果剛從反應爐退出來的核燃料總活度是1，經過30天之後剩下1/16（6.4%）；1年後，剩下1/75（1.3%）；10年後，就只剩下1/454（0.22%）。至於鈽239，只占高放射性廢棄物總活度的1/500,000。我國所有用過核子燃料（含核四）總共只有2.82噸的鈽239。

核能發電提供我國20%的電力達40年之久，所累積的所有用過核子燃料總重只有7,200噸，體積不超過1,000立方公尺，大概等於1棟30坪3層樓的小公寓。

◎ 放射性廢棄物是否真的萬年無解

圖1分析高放射性廢棄物隨時間衰變情形，如果把用過核子燃料中鈽、鈾等元素萃取出來，經3、4千年，廢棄物總活度就與鈾礦天然背景輻射相同。自使用過核子燃料萃取出的鈽與鈾可以重新製造成燃料再利用，從降低廢棄物總活度或資源利用效率來看，廢棄物再處理都是最好的策略。數千年對個人而言可能是無法想像的長，但對數十億年的地質年代(地球年齡) 而言，數千年不過是相對的短時間。

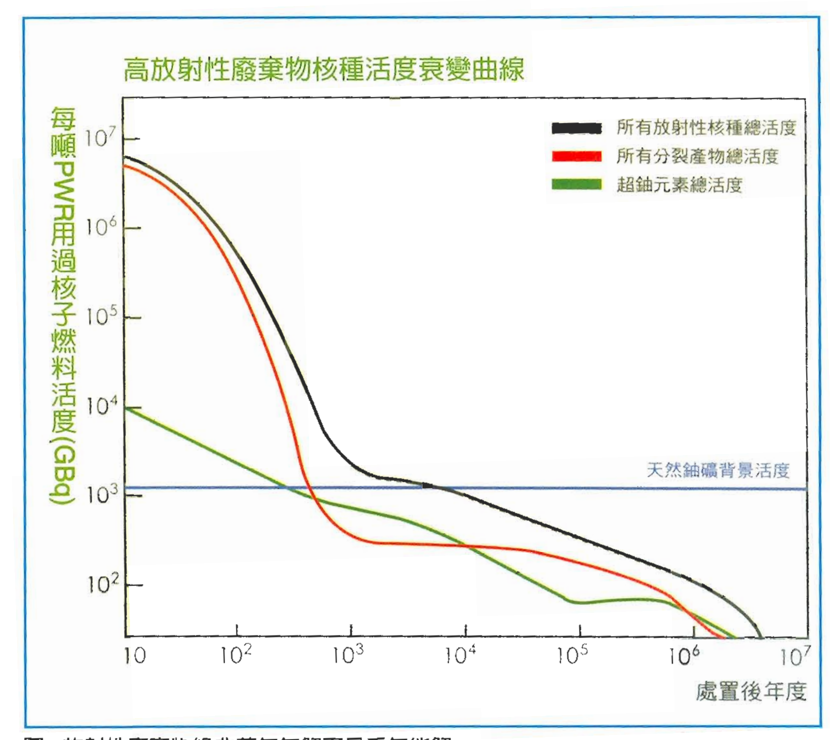


圖1 放射性廢棄物絕非萬年無解而是千年能解

> 近代化工程序與科技製造業產生許多有毒廢棄物，其毒性即使經過數十億年仍然不會有任何的改變，但是人們對有毒廢氣物的關心遠低於放射性廢棄物。

現在，問題就縮小到

如何確保放射性廢棄物能在數千年內可以妥善保存，維護民衆安全了。根據現有科技能力與徵諸考古證據，我們認為達成以上目的並不困難！

◎ 爲高放射性廢棄物找個安靜的家園

深地層處置是各國為高放射性廢棄物找一個最後安息處所的共識，也是目前最安全處置放射性廢棄物的方法。要分析深地層處置到底有多安全，就必須先了解廢棄物裡的放射性核種究竟怎樣遷移，最後怎麼影響到人類的生活圈？

各國處置場的設置須經過安全分析、功能性評估或生存性評估，各類型分析的數值運算模式均極為複雜。圖2描述放射性核種如何由深地層處置場向人類生活圈遷移的過程。核種遷移過程如下：

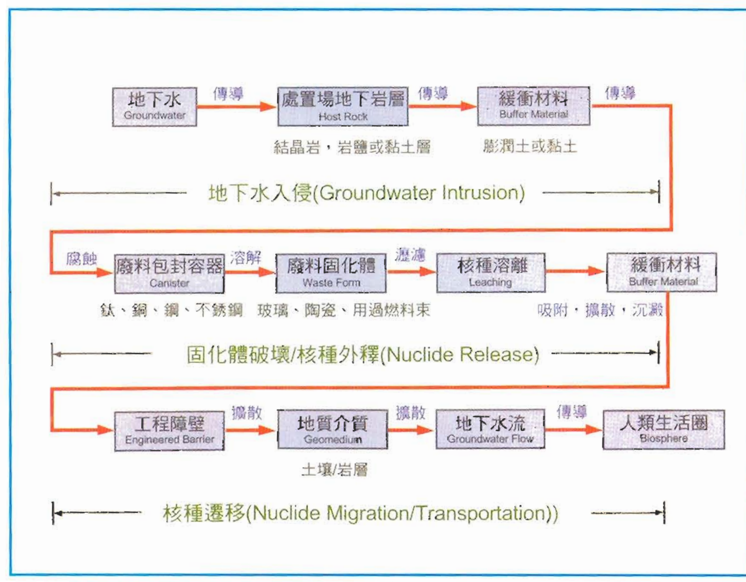


圖2 放射性廢棄物絕非萬年無解而是千年能解

通常，處置場的設置地點須選擇適當的地層母岩，再在地下300-1,000公尺深處設立處置場，經過數十年，甚至百年的監控後，才會進行關場作業。適合的處置場地質，通常可以分成3類：

1. 堅硬的結晶岩層

例如美國內華達州雅卡山（Yucca Mountain）處置場（凝灰岩）深達320公尺、日本H- 12計畫在東濃（沉積岩層）、釜石（花崗岩層），建立深達500-1,000公尺的處置場。選擇結晶岩層做為處置場母岩，主要著眼於岩體緻密完整，地層穩定，熱傳導性、機械強度較好。

2. 可塑性強的岩鹽礦坑

如美國在新墨西哥州Carlsbad，設立深達665公尺的岩鹽洞穴處置場，稱為「廢棄物先導處置場」計畫；德國計畫選擇西南Gorleben地區，深達1,000公尺的岩鹽洞穴，做為處置場。結晶化的岩鹽，具有非常好的塑性，而且遠離地下水層。當處置場封閉後，先前挖掘的坑道會逐漸癒合，使廢棄物永久保存其中。

3. 核種吸附能力優異的黏土層

比利時選擇東北部的Mol - Dessel深達220公尺左右的黏土層、法國也選擇東北部鄰近比利時的Bure區深達500公尺的黏土層、瑞士選定Zurcher Weinland地區的Opalinus黏土層等。比較結晶岩層與岩鹽地質，黏土礦物可謂兼有兩者之長。黏土層的不透水性遠超過結晶岩層，對於核種的吸附能力又遠超過岩鹽，是相當優良的母岩。表1總結各國高放射性廢棄物（HLW）處置場母岩地質的重要參數。



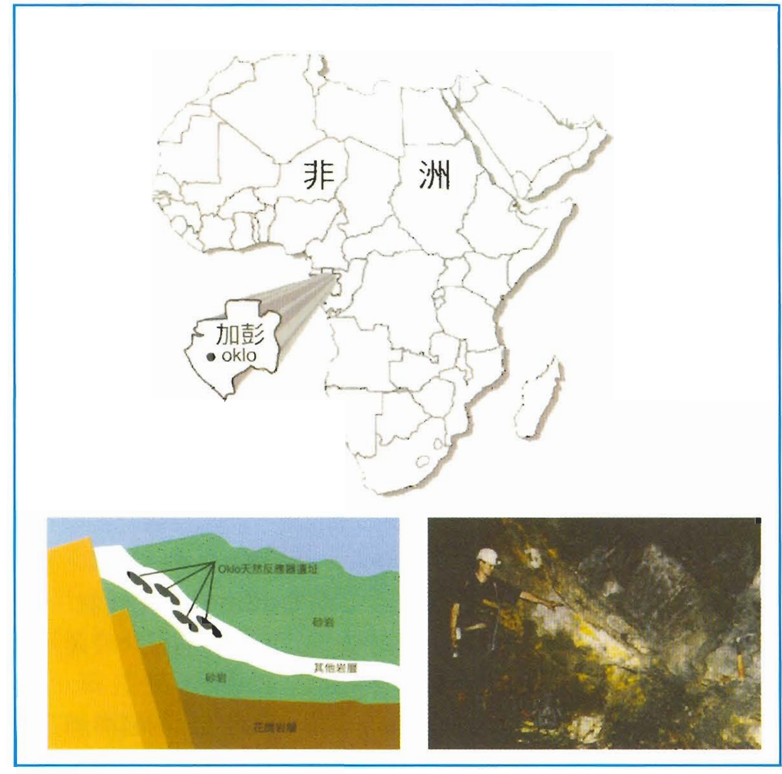


圖3 Oklo天然反應遺址證實深地層處置可有效防止核種遷移

◎ 以古爲鑑，可以知興替

許多人士可能認為放射性廢棄物處置時間是以萬年為單位，我們如何確保設施在這麼久遠之後還能保持完好呢？我們總不能在萬年之後才知道這些設施管不管用吧？好在我們可以從近年考古與地質研究，從類似處置場各種設計的自然遺跡，找尋能支持現代處置場可以達成設計目標的充分證據，這門學問做自然類似現象學。

◎ Oklo天然反應遺址證實深地層處置可行

1970年代，法國科學家在非洲加彭Oklo發現一座18億年前的露天天然反應器遺址（現在已在地下300公尺），如圖3所示。數十億年前，鈾礦中的鈾235含量較目前為高，Oklo 鈾礦區有河流通過，形成了一個天然的反應器。這個天然反應器持續發生緩慢的連鎖核分裂反應達數十萬年之久，產生分裂產物與鈽元素。調查Oklo礦區地層中分裂產物及鈽元素的分布，可提供核種於地層中遷移的確實資料。調查結果顯示，大家所擔心的鈽239等超鈾元素在地層中的遷移速度比預期中的小非常多。其原因如下：鈽元素對於環境的氧化還原電位非常敏感，容易在深地層缺氧環境中沉澱，因此經過18億年，現存最長壽的放射性核種也只移動了10公尺。相似的現象，也同時在巴西的Morro de Ferro、加拿大的Cigar Lake發現。

因為Oklo與一般深地層處置場的地下環境很類似，所以我們有充分理由相信深達200-400公尺的地下岩層，應該有相同沉澱吸附效果，足以防止放射性核種與生物圈接觸。

◎ 黏土膨潤特性使馬王堆遺跡千年不壞

1972年湖南長沙近郊的馬王堆發現2100年前西漢初年長沙丞相利蒼及其夫人、公子的大型墓葬群，消息傳出震驚海內外。除了出土3,000多件精美絕倫、華麗依舊的楚地文物之外，最令人好奇的是利蒼夫人辛追遺體與相當多有機物質，雖然經歷2100年歲月，居然沒

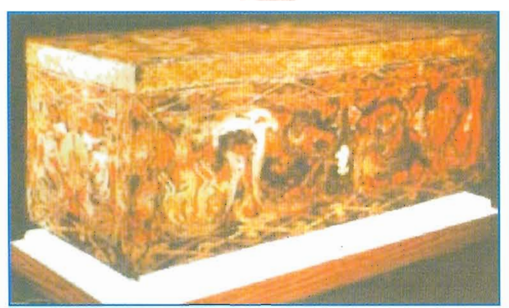




圖4 馬王堆遺址發現大量易腐敗有機質居然可以完整保存2100年,足見黏土礦物可以長期隔絕氧氣與水份入侵

有任何腐敗跡象。

大陸專家證實主要是墓葬中一層厚達50公分夯實高嶺土，發揮遇水膨脹的膨潤特性，有效隔絕地下水與氧氣入侵，使得所有有機物質不會腐敗。

處置場的緩衝物質也扮演相同角色。只是我們使用膨潤能力更強的膨潤土來取代高嶺土。根據分析，相同夯實密度下的膨潤土其水力傳導係數是高嶺土的1/100以下、膨潤壓高出40倍。理論上，與高嶺土相較，膨潤土可以地下水傳導時間延長100倍。50公分的高嶺土就可以防止地下水入侵漢墓達2,100年，那麼能延長傳導時間100倍的膨潤土，實在沒有理由達不到相同功效。

◎ 3000年前青銅器印證包封容器防蝕功能

在故宮裡有太多3000多年前的青銅器都能證實金屬包封容器經得長期防蝕考驗，如圖4的商代早期的獸面紋觚有3,700年歷史、西周晚期的宗周鐘則有2,800年歷史，但現在連上面的細紋（平均高度約1.5 mm）都完整無缺。顯示3000年的歲月竟然不能消蝕掉2 mm的厚度，更何況多出100倍厚度的廢棄物包封容器？從出土或自海底撈起的古物的狀況，證明在適當的環境之下，文物可以保存數千年，甚至數萬年。製作於科技不發達年代的容器，都可以長時間的維持功能；我們似乎不應該認為以現代高科技製造的廢棄物包封容器會經不起環境的考驗。

◎ 核能後端營運經費

放射性廢棄物的處理需要經費，核能電廠結束運轉後將環

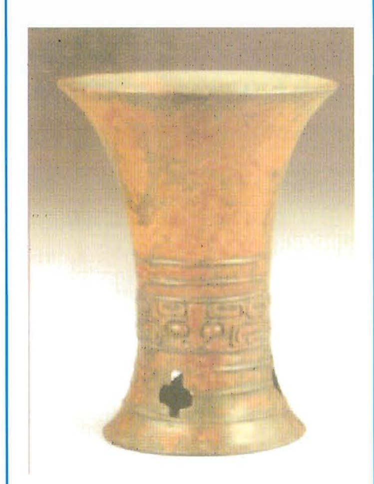


圖 5 三千多年的歲月都不能消蝕2公厘厚度的青銅器
上：3,700年前早商獸面紋觚
下：2,800年前西周宗周鐘





境回復至可做其他用途所需的經費，依使用者付費的原則，理應由目前的用電客戶支付。台灣電力公司於民國75年成立「後端營運基金」，每度核能發電提撥0.17元存入基金。後端基金由經濟部成立的委員會管理，任何的動支均須委員會的認可；至94年3月止，後端基金以累積至1,599億元。民國93年的核能發電成本為0.646元/度，其中已包含後端營運基金0.17元/度的提撥，占比達26.3%。

後端營運基金日後將用於低放射性廢棄物的最終處置、用過核子燃料的處理、以及拆廠相關費用。表2所示為世界各國實際營建低放射性廢棄物的處置廠成本。如表所示，處置成本依處置方法與國情的不同而有很大的差異。台灣電力公司預估 8 部機組營運40年，連同拆廠所產生的廢棄物，國內的低放射性廢棄物共約98萬桶。處置費用與場址及採用的處置方法有關，台電公司在尋覓處置場址時均會粗估所需費用，一項估算的結果顯示：設施設計建造費用約153.4 億、設施營運費用約135.3億、封場後監控費用約4.2億，總計292.9億；平均單位成本約新台幣30,000元/桶。

根據世界其他國家的技術資料、規劃報告、與實際執行經驗，若國內的用過核子燃料將採最終貯存的方式處理，台電公司預估用過核子燃料的處置經費約需1,280億。核能電廠的拆廠已有多次的經驗，2003年4月號的科學

表1 各國高放射性廢棄物處置場母岩地質的重要參數

處置計畫名稱	母岩岩相	深度 (公尺)	擴散係數 ($x10^{-10}m^2 \cdot s^{-1}$)	水力傳導係數 ($x10^{-10}m^2 \cdot s^{-1}$)
日本H-12	沉積岩或花崗岩	500 - 1000	0.03	1
美國Yucca Mountain	凝灰岩	325	0.01	5
法國Bure URL	頁岩/黏土	490	0.01	0.1 - 0.001
芬蘭TILA - 99	花崗岩	500	0.001 - 0.0001	-
英國Sellafield	石灰岩	750	42	3.2

表2 低放射性廢棄物處置廠營建費用與單位成本

國家	日本	法國	德國	瑞典	芬蘭(1)	芬蘭(2)
處置技術	地表	地表	地下坑穴	海床下	地下	地下
成本	6,480,000 萬日圓	800,000 萬法郎	73,000 萬美元	150,000 萬瑞典幣	15,200 萬芬蘭幣	11,500 萬芬蘭幣
容量(桶)	400,000	5,000,000	3,250,000	315,000	42,160	27,000
單價	162,000 日圓/桶	1,600 法郎/桶	2,246 美元/桶	4,726 瑞典幣/桶	3,605 芬蘭幣/桶	4,259 芬蘭幣/桶
單價1 新台幣/桶	47,496	79,670	70,545	20,313	24,040	28,642

★匯率計算依據網站http://www.xe.com/ucc 93年5月20日的數值

人對美國緬因州楊基電廠的拆廠過程及相關問題有完整的描述，該廠址已回復到可以做任何用途的程度。台灣電力公司每經過一段時間即會根據最新的資訊估算拆廠費用，目前6部機組拆廠費用估計為499.2 億元。

根據以上的估計，再加上放射性廢棄物運輸、中期貯存、用過核子燃料乾式貯存等費用，目前6部機組所需的總費用為2,754億元（90年幣值）。「後端營運基金管理委員會」要求台電隔段時間，即必須依據最新的資料與數據估算各項成本，作為調整後端基金提撥比例的依據。

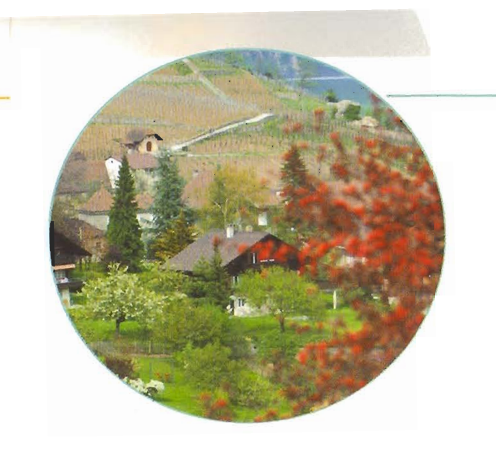
◎ 結論

1. 放射性廢棄物不是萬年難解的問題，放射性廢棄物經數千年衰變，其強度已達背景輻射的範圍。現代科技足以保證放射性廢棄物在數萬年內不會威脅到生物圈。
2. 放射性廢棄物採深地層處置，即將放射性廢棄物用厚達10-30公分的鈦、鎳或銅合金完全密封後，埋藏在地下500-1,000公尺深的堅固岩層裡。
3. 放射性廢棄物的深地層處置並沒有非常特殊的工程技術，它與地下礦藏開採、油井鑽探相當類似，技術成熟。
4. 深地層處置計畫的技術核心，主要在處置場的地質、地下水文調查，重要參數取得與驗證，評估模式與決策分析程序的建立。
5. 目前全球先進核能國家的廢棄物處置工作，都已進入特定場址細步調查階段，預計在未來10年都將選定廠址，20年內陸續營運，放射性廢棄物難處理將是歷史名詞。
6. 2002年5月，世界第一座高放射性廢棄物處置場在芬蘭Olkiluoto誕生，當地居民與芬蘭國會都以超過2/3的壓倒性多數同意興建。
7. 2002年7月美國布希總統正式同意雅卡山成為世界第2座高放射性廢棄物處置場，預定2013年啓用。
8. 除了美國雅卡山計畫外，所有處置場設計均要求民眾的外加輻射劑量都小於自然背景輻射的1/10,000。在處置後1萬年內，除美國外，所有處置場的外加輻射劑量都不會超過自然背景的1/100,000。
9. 鈽239非常容易沉澱，所以根本沒有機會經遷移作用離開處置場，並不會對生物圈造成威脅。
10. 從著名的非洲加彭Oklo天然反應器現象、加拿大Cigar Lake鈾礦現象，都足以證明，即使經歷10億年，所有的放射性核種，都無法逃離處置場10公尺外。顯示深地層處置的安全性無庸置疑。

◎ 結語

台灣使用核能發電已經有一段時間，核能發電也如預期的協助我們渡過數次能源危機，目前台電6部核能機組的發電成本還不到平均發電成本的一半，是這波能源危機中最重要穩定發電成本的籌碼；未來我們還得依賴它們繼續提供大量的無碳電力。我們享受了核能發電的優點，也必須面對核能發電衍生的問題。放射性廢棄物的處置是一個嚴肅的的問題，推動「非核家園」也許阻絕了我們未來使用核能的選擇，但已經存在的放射性廢棄物不會憑空消失！低放射性廢棄物的處置技術已經成熟，世界許多國家都已建構完成處置場。處理國內的低放射性廢棄物，已無問題。

（本文取材自美麗新世界--核能與文明的永續未來，94年6月，國立清華大學原子科學系）



輻射劑量的基準與危險度

■ 葉有財 譯

自然界本來就有各種天然的輻射。主要來源是太空射向地球的宇宙射線，加上地殼放出的加馬射線，與大氣中的氡氣，以及食物中所含放射性物質的輻射等。

人類於數百萬年前，自類人猿種進化至今，一直生活在天然輻射線中，而所接受的輻射劑量，仍因居住的地區的不同，而有相當的差異。

每年接受天然輻射的劑量的世界平均值為2.4毫西弗，日本約為1.5毫西弗，巴西的Guarapari海岸基地，單單來自地殼的加馬射線就有175毫西弗之多，市區街道亦有8-15毫西弗。另外，印度的Kerala地區，亦有平均為3.8毫西弗的地區。此外，亦有達到1毫西弗的地區。但是，在居住劑量差異甚大的各地生活的居民，經流行病學調查發現並無對人體有何不良的影響。因此，0.1-30毫西弗的劑量範圍可視為是正常生活的範圍，故定為「安心程度」的劑量範圍。

由於科技逐漸融入生活之中，使人類除天然輻射之外，尚會接受到人造的輻射。其代表性的有醫療所引起的輻射照射。如胃部的x光透視每次約為4毫西弗，胸部x光檢查為0.3毫西弗，x光CT檢查為40毫西弗等局部輻射的劑量。這些數值仍為每照射一次的劑量，如果增加檢診次數，接受照射越多，劑量就越增加。這種醫療引起的輻射，就要與天然輻射合起來計算劑量。雖然一次接受500毫西弗以下的輻射，幾乎在臨床上看不出任何症狀。可是，超過天然輻射的劑量，即接近最高值的30毫西弗時，其風險也許會增加。因此，30-500毫西弗的範圍就定為「注意程度」。

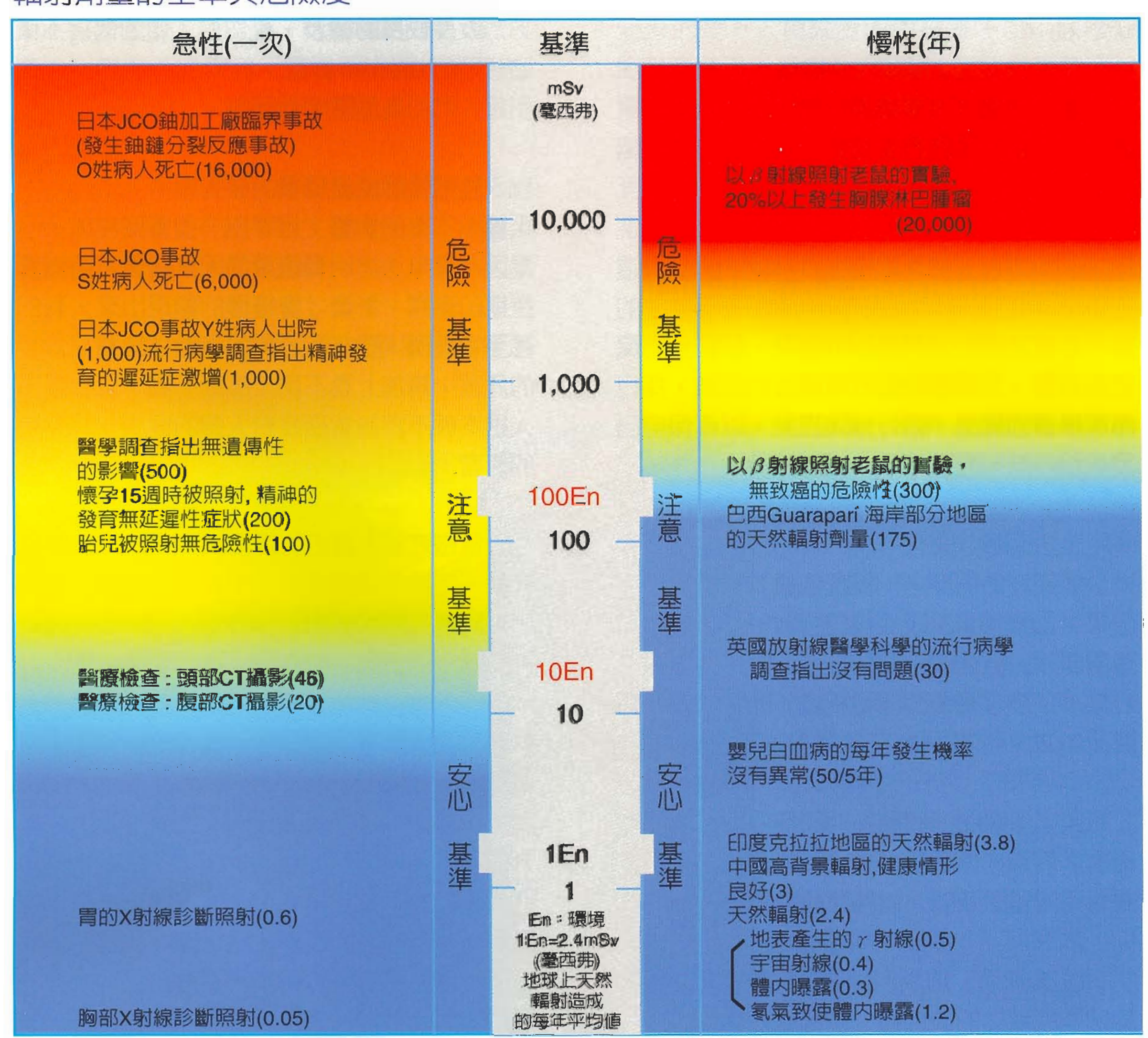
當劑量超過500毫西弗時，則會因急性或慢性的不同照射方式而有差異，會顯現出各種臨床上的症狀。對個人而言，這是不可接受的劑量，故定為「危險程度」範圍。例如，在日本JCO鈾加工廠臨界事故發生時，有一位接受16,000-20,000毫西弗的O先生及另一位接受6000-10,000毫西弗的S先生都死亡了。但接受1,000-4500毫西弗的Y先生，則被救活。可見接受500毫西弗以上的輻射，其死亡的危險度會急速增高。接受過量的輻射雖然有危險，但在天然輻射程度的劑量就可不必擔心。

生活在海水中等天然輻射以下的場所，又會怎樣？根據實驗報告指出，若將天然的

程　　度	年劑量（毫西弗）對人體的影響	
留意程度	未滿0.1	也許會有不良的影響
安心程度	0.1—30	看不出有壞影響
注意程度	30—500	可能出現壞的影響
危險程度	500以上	會顯現臨床上的症狀

輻射屏蔽起來的生物，會有降低增殖活性的現象。人類對於已習慣的生活環境感覺最好，若變更環境是不太好的。如果必須生活在低於天然輻射的環境，也許會帶來對人體不良的影響。因此，將未滿0.1毫西弗的劑量，定為「留意程度」的範圍。

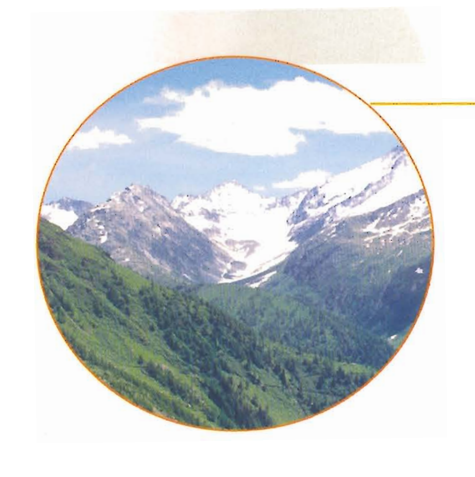
輻射劑量的基準與危險度



戈雷(Gy)是物理量，西弗(Sv)是生物影響量。為了易於瞭解上述單位所代表的意義，以安全指標量(安心基準)來表示。
例如日常生活溫度以絕對溫度273度或300度表示的話，不易被理解。若是以零下或27度表示溫度時，則很容易瞭解。

例：
N(Natural：天然輻射之意)
1N=2.4mSv，mSv=毫西弗(天然輻射每年對人體照射造成的劑量)
En(environment：環境劑量之意)
1En=2.4mSv，mSv=毫西弗(天然輻射每年對人體照射造成的劑量)
若以En為單位的話，則易於理解。
10En是表示可以安心的劑量(一次曝露的話)：不連續地接受少量輻射照射，只要一年內累積量不超過10En，也是在安心的劑量以內。

（本文摘自日本安心科學學院網站，http://www.hoku-iryo-u.ac.jp）



如何遠離電磁波危害

張振成

一、前言

在資訊發達的e時代，電腦、行動電話、微波爐、電視、冷氣機等日常生活中舒適的電器用品，提升了我們生活的品質，但卻會放出電磁波。

根據國外的調查報告或實驗研究顯示，這些生活中的電器用品所放出的電磁波量大的話，都會危害到我們身心的健康，站在預防保健的觀點，我們應增進對電磁波的認識，採行專家學者的建議，做好預防措施，以確保自己及親朋好友，甚至是下一代的健康。

二、電磁波的危害

電磁波的種類，一般是依據波長的短長來分類，大致可分為波長較短的放射線，如：加馬射線、x光；波長其次的光，如：紫外線、紅外線；及波長較長的電磁波，如：微波、短波、中波、長波。

大家最關心的問題是什麼樣的電磁波可能會對人體造成傷害？根據目前的資料顯示，波長越短的電磁波對人體越可能會有危險。

根據研究，加馬射線、x光會傷害生物體的細胞或當中的染色體，引起癌症、白血病等疾病，但傷害機制還不完全明確。

波長比紫外線長的微波，最早是應用於軍方的雷達，第二次世界大戰後再加以應用開發了微波爐，乃至最近人手一機的行動電話。

波長較長的微波，雖然對人體的傷害不像x光或紫外線來得嚴重，但潛在的威脅，一直引起人們的高度關切和探討。

雖然陸陸續續發表的研究報告，均認為對人體有不良的影響，且舉出一些實例佐證，但是因為還無法證明有直接的因果關係，且需要長期的曝露，影響才會慢慢的顯現出來，有的甚至會遺傳，要在下一代的身上才會看見病變的危害，再加上看不見、感受不到，以致很多人根本就不認為電磁波對人體的健康會有不良的影響。

電磁波對人體的影響因人而異，同樣曝露在某一定量的電磁波中，但是並非每個人都會出現同樣的症狀反應。

國外專家對電磁波傷害的研究，可以分為熱效果及非熱效果兩方面。先談熱效果，通常波長越短的電磁波，周波數越多，熱效果越高，會增加人體的代謝速度，也會提高男性睪丸的溫度，減弱製造精子的能力，容易造成男性不孕症。以微波爐為例，微波熱食的原理就是利用微波的高周波數能量，激發食物中的水分子，使之產生劇烈振盪，透過摩擦效果提高溫度，因此不用多久就可以煮熟食物。

同樣是使用微波傳訊的行動電話，它的周波數與微波爐係屬同一範圍等級，熱效果可以說是僅次於微波爐，只不過是由於它的輸出功率較小，所以熱效果不像微波爐那樣顯著迅

速。但是如果長時間緊貼著腦袋使用，微波直接衝擊腦，圓形的腦袋就像鏡頭一樣。有人認為，在腦組織中的某部分若是密集的聚集微波，提高該部分組織的溫度，可能會提高腦部病變的機會，甚至罹患腦瘤、白血病或老人痴呆症。以老鼠進行實驗，行動電話的低頻微波會使腦內的DNA分子分裂，這現象與老人痴呆症、帕金森症及癌症等有關聯。

另外是非熱效果，電磁波引起發熱以外的所有現象都總括在內，對生理或免疫力，甚至是致癌等遺傳因子都有影響。

根據25年前，美國加州大學腦研究所所長羅斯．耶依雷，以16赫茲周波的超長波(類似家電用品的波數)，照射雞的腦細胞，結果其細胞內的鈣離子會向外流出。經過全世界的科學家重新再實驗，也得到相同的結果。至於對人體的影響，目前還並不清楚。但是可以知道的是，人體細胞內的鈣離子可以保護細胞，避免受到活性氧的攻擊，而活性氧所增加的過氧化脂質會損傷DNA，加速人體老化，減短壽命。可以推理的是，連超長波的電波都有這等影響，那周波數高出約10億倍數微波會有何影響就可想而知了！

美國約翰霍浦金斯大學的瑪達諾斯基博士更提出警告：電磁波對構成人體的DNA等遺傳因子的核酸有害，使正常細胞錯亂，同時，活化癌細胞的成長，提高癌症罹患率。



此外，國外專家也表示電磁波會影響松果體，導致荷爾蒙分泌及作息紊亂，使松果體分泌的荷爾蒙減少，影響睡眠品質，降低身體免疫力。讓各種疾病抗原有機可乘，也會減少人腦中下視丘素的分泌，以致無法抑制腫瘤細胞。美國生物電磁先趨羅伯．貝克博士研究也指出，生長在電磁波較強環境中的兒童，不利文思，少創意。

三、如何防範電磁波的危害

我們生活在e時代中，整天被便利的電器用品包圍，終日沉浸在電磁波的汪洋中，如何才能減免電磁波對我們健康的威



脅與危害，是當前重要的課題。

以下綜合專家的重點建議，做好電磁波的防範措施：

(一) 遠離使用交流電的電器電源：

電器不用時要拔掉插頭。不要長時間使用電腦：在歐美，有些都市規定，使用電腦要距離70公分以上。

(二) 看電視時坐遠一點：

不要長時間觀看，不單是保護眼睛，還可避免長時間接受近距離發出的強烈電磁波。

(三) 儘量使用有線電話：

避免長時間使用手機，手機距離人體應有2.5公分，每天使用時間累計不超過30分鐘。

(四) 儘量使用燈泡：

10瓦日光燈放出的電磁波為60瓦燈泡的20倍，改用燈泡也許電費較貴，但是較有益於健康。

(五) 儘量縮短使用吹風機的時間：

因為吹風機通常直接對著頭使用，所以應縮短使用時間。

(六) 改用電池式的電動刮鬍刀子，避免使用交流電式的刮鬍刀。

(七) 遠離電磁爐：

有些專家直稱電磁爐是「沒門的微波爐」，會直接散播出強烈的電磁波，因此使用時儘量遠離。

(八) 不要曝露在電磁波內太久：

像是科學園區內，需要用到比較大電流的儀器設備，電磁波也會比較強，一天的工作應以8小時為限。

(九) 應儘量找屏障：

在建築物內部，可以加上合金材料，作為遮蔽，不要直接曝露在電磁波範圍內。

(十) 把距離拉大：

辦公室內，像是影印機、冷氣機，或其他用電量比較大的電器用品，應儘量離人遠一點。

(十一) 在住家環境中種植盆栽，營造一個小範圍的長波低頻環境。

四、結語

雖然電磁波的傷害機制還有待進一步的研究確定，但是以上這些防範措施對我們的健康生活並不會有不良的作用，寧可抱持防範未然的態度來力行這些措施，畢竟先幫自己或下一代的健康保個險還是比較重要。

況且，美國北卡羅來納大學的大衛・塞威智所做的，他認為電磁波會降低體內褪黑激素的量，最後導致沮喪，嚴重的還會走上自殺絕路。褪黑激素和體內不少功能都有關係，像是睡眠、飢餓、性慾和心情，都會受到褪黑激素的影響，如果體內的褪黑激素過低，整個人保證不會覺得舒服。所以近年來，醫學界常會將褪黑激素當作美容和保健的聖品，好像有了褪黑激素就可以治療百病似的。而且年輕人對抵抗電磁波的影響比年長者薄弱。

所以今後我們對電磁波那「傷害的魔力」可真的就要有些戒心了，不僅住家需遠離電磁波，以後連工作時，也需做好各種的保護措施。

（本文作者為屏東縣立萬丹國中校長）



悠遊墾丁新去處-
台電公司南部展示館

沈祺琳

儘管目前台灣各縣市不斷發展觀光、開發新的景點，企圖吸引各地民眾前往遊憩；然而，墾丁，這個富有南國浪漫風情的名字，對一般民眾而言，仍然具有強烈的召喚魔力。一年總要去個一、兩回，似乎才能宣洩心中那股狂放的衝動。墾丁，還是我心目中最喜歡的國內度假勝地。

按捺不住心中那股度假慾望，趁著國慶日假期，我們一家大小便直奔墾丁。

園區綠意盎然，適合全家遊憩

聽說墾丁最近多了一個適合一家大小玩樂的新去處--台電公司在核三廠後方的廠區內興建的電力展示館，我們決定去「充電」一番。

南部展示館於今年8月31日正式開館，鄰近後壁湖遊艇港，碼頭內遊艇、帆船眾多，頗有異國港灣的風味，景致優美，令人心曠神怡。

一進入園區，就是廣闊的綠地，停車相當便利。綠地上設有顏色鮮豔、造型可愛的兒童遊樂設施，孩子們一見到，立刻飛奔過去，玩得大汗淋漓、笑聲盈耳。入口大廳旁有個噴水流泉，雅致的線條，顯見設計者的匠心。園區環境經營得相當清幽雅致，相信老人家也會喜歡這裡的情調。





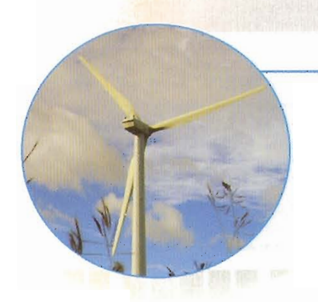
兒童遊戲區

此外，還有棋奕休憩區，我們在此一邊觀海一邊對奕，海風徐徐吹來，一派悠閒輕鬆。沿著散步棧道慢慢品味這裡的各種植栽，遠眺南灣喧鬧的海上遊樂氣氛，真是種難得的體驗。

珊瑚生態虛擬實境，盡在眼底

進入展示館大廳，映入眼簾的是4座色彩斑斕豔麗的大型水族箱。以模擬的方式，重現南灣地區海底珊瑚的生態美景，各式種類的熱帶魚穿梭其間，讓人彷彿置身海底，陶醉在魚兒悠遊的曼妙天地裡。

除了模擬之外，南部展示館設置了一面電視牆，是針對南灣附近海域的海底珊瑚做「實



況報導」。提供核三廠入水口附近9個觀測點的即時影像，從展示大廳就可以看到珊瑚礁生態的實境，畫面隨時更新。核三廠將排放水的溫度控制在不超過海水溫度4。C以上，符合國家標準，充分消除了一般人誤以為是核三廠排水溫度過高導致珊瑚白化的疑慮。

就看見許多可愛的小魚自在穿梭在珊瑚叢中，真是難得的觀察方式。相信在一年一度的珊瑚產卵季節時，一定非常壯觀。由此可以看出台電公司對本地珊瑚生態保育的用心。

台電公司原本在台北縣萬里鄉的核二廠旁設置有「北部展示館」，主要是以核能發電的說明展示為主；而南部展示館則是兼顧多種發電方式，讓南部民眾對太陽能、風力、水力、地熱、潮汐...等發電方式有一定的瞭解。

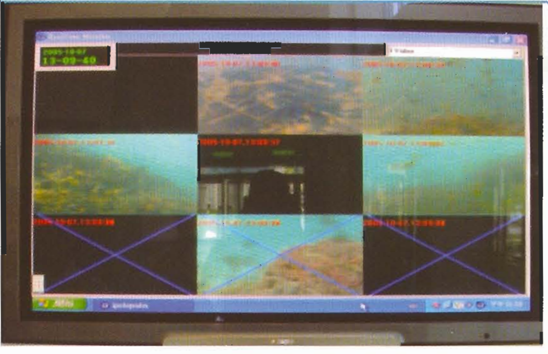
南部展示館目前有6位工作人員，隨時為遊客做親切、生動的導覽解說。展示內容主要分為3大區，以下概略說明：

A區：恆春地區特色介紹

本區最主要的設備是「3D立體劇場」，擁有最先進的播放系統，座椅寬敞舒適，播映具有教育意義的立體動畫或影片，免費的讓參觀



造型鮮麗斑斕的珊瑚水族箱



從這個螢幕的分割畫面可以看到南灣海底珊瑚礁的即時實況

民眾感受身歷其境的驚奇體驗。孩子們戴著特製的3D立體眼鏡，看著影片中的物品在眼前飛舞逼近，驚叫聲連連，看完以後還大呼過癮呢！

其他部分則是介紹恆春地區的歷史、地理環境、文化與古蹟，藉由觸控式螢幕，非常簡便的操作方式，即使是對電腦不熟悉的老人家，都能輕易使用，而對這個國境之南的美麗小城有更深入的瞭解。

B區生活與電力

介紹我們生活中經常可以利用的發電方式，有風力、太陽能、地熱、潮汐...。在前往南部展示館的路上，我們就看見3座巨大的白色風車，那就是風力發電，已經成為恆春地區的新地標。從南灣岸邊望去，自成一頁風景。

根據為我們導覽的林鴻展股長表示，每座風車高達100公尺，每個葉片長35公尺，寬3公尺，重6公噸，真是龐然巨物呀！只不過他的貢獻似乎不大，即使是全速轉動，1小時也只能發出1500度。而1座核能電廠的機組，1小時就可以發出951,000度電，大約要650支巨型風車，才能發出同樣多的電力。

此外，每小時風速4公尺以下，風車轉不動；風速25公尺以上，風車轉太快，又會自動停機，難怪有專家說，再生能源無法大量而且穩定的發電。

C區認識核能發電

利用各種模型，說明核能發電的原理、安全性設計、燃料特性、放射性廢棄物處理方式...等，讓我們容易瞭解，不再對核能發電莫測高深。

令我印象深刻的是核子反應爐外面那層圍阻體，就是我們從南灣海邊望去的那2座圓頂，厚度竟然高達120公分！內部還有一層1/4英吋厚的鋼板當襯裡。而且在灌漿時就以冰塊冷卻，因此不會產生裂縫。即使萬一發生事故時，輻射也不至於洩漏出圍阻體之外。核能電廠的安全設計真是令人讚嘆！

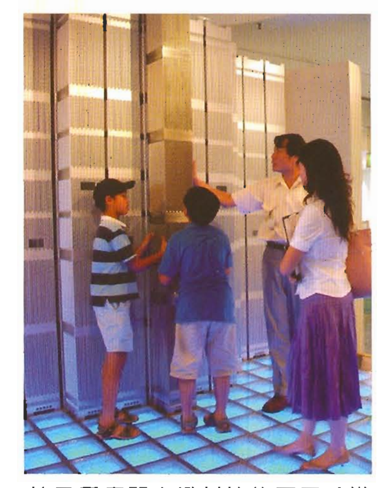
還有一項大驚奇就是，核能發電的燃料丸非常小，大約只有小拇指第1節的大小，但是他卻能發出強大的能量。1公克的鈾燃料所產生的能量，相當於2000公升的石油，或是相當於3公噸的煤。



猛踩腳踏車就可以轉動風力發電機喔。

現在國際原油價格不斷飆漲，核能發電的燃料丸體積小，容易貯存，價格便宜，又可以發出大量而且穩定的電力，真是划得來！

展示館的2樓設有一座咖啡廳，有個流行的名字-浪漫滿屋。值得推薦的是這裡的枝仔冰，是用核三廠海水淡化的水製成，非常純淨，一支只要10元，有好幾種口味，優格口味酸酸甜甜，一級推薦！可不要以為是核能電廠的冰棒就擔心輻射而不敢吃，那就太可惜啦！



核子反應器內燃料棒的原尺寸模型，可以親身體驗碰觸。

浪漫滿屋的咖啡一杯竟然只要30元，還是現煮研磨的呢！吳館長一臉心痛的說，好像太便宜了，以後考慮要調價。大家千萬要把握，不可錯過。

南部展示館的軟硬體設備堪稱是五星級規格，不僅展示各種發電知識，也設計了許多適合孩子動手動腳操作玩耍的實驗，還有好吃又便宜的枝仔冰和咖啡，仔仔和凡凡一致表示，回到學校以後要向老師同學建議--一起到南部展示館戶外教學吧！

文末，要感謝南部展示館吳祖華館長與林鴻展股長以熱情又親切的態度，不厭其煩的為我們做專業、詳盡的導覽解說。讓我們對各種能源有進一步的瞭解，同時，不再擔心核能發電的安全性，也知道放射性廢棄物是可以妥善處理的。一家人帶著滿滿的知識和安心，充飽了電，繼續我們期待已久的墾丁之旅。

旅遊資訊

※ 南部展示館開放時間：

星期二至星期日：08：30-16：30

星期一（逢假日順延）、農曆除夕、年初一休館

※ 3D立體劇場

09：00-16：00，每天播映6個場次，播映時間及片名公布在現場。

※ 參觀預約

免費開放，歡迎自由參觀。若需要解說服務的個人或團體

請電話洽詢：（08）889-3489。



鱷魚飼養場所需的熱水是來自鄰近歐洲氣體擴散公司（EURODIF）鈾濃縮廠所排放的冷卻水（法國COGEMA公司提供）。